



Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak – Bagian 14: Penentuan kecepatan linier



© BSN 2009

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang menyalin atau menggandakan sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun dan dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN
Gd. Manggala Wanabakti
Blok IV, Lt. 3,4,7,10.
Telp. +6221-5747043
Fax. +6221-5747045
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Diterbitkan di Jakarta

Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata	ii
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Cara uji	2
5 Pengendalian mutu.....	4
Lampiran A (informatif) Contoh lembar pencatatan.....	5
Lampiran B (informatif) Kalibrasi tabung Pitot	6
Bibliografi	9
 Tabel A.1 – Lembar data pencatatan	 5
Tabel B.1 – Lembar data kalibrasi tabung Pitot.....	6
Tabel B.2 – Lembar data kalibrasi tabung Pitot.....	6
 Gambar 1 – Tabung pitot tipe-S dan manometer	 3
Gambar B.1 – Tabung pitot tipe-S	7
Gambar B.2 – Sistem kalibrasi tabung pitot tipe-S	8
Gambar B.3 – Tabung pitot standar	8

Prakata

Dalam rangka menyeragamkan teknik penentuan dan pengambilan contoh uji gas buang dari sumber tidak bergerak maka disusun Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk pengujian parameter-parameter kualitas udara.

SNI ini dengan judul *Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak – Bagian 14: Penentuan kecepatan linier* disusun melalui adopsi dengan metode terjemahan dari US-EPA Method 2, Appendix A, 40 CFR 60, 1996, *Determination of Stack gas velocity and volumetric flow rate (type-S pitot tube)*. SNI ini telah melalui uji coba di laboratorium pengujian dalam rangka validasi metode dan dikonsensuskan oleh Sub Panitia Teknis 13-03-S2, *Kualitas Udara* yang mewakili pihak produsen, konsumen, ilmuwan dan instansi teknis dari Panitia Teknis 13-03, *Kualitas Lingkungan dan Manajemen Lingkungan* pada tanggal 21 Agustus 2007 di Serpong serta telah melalui jajak pendapat pada tanggal 23 Desember 2008 sampai dengan 23 Maret 2009. Kemudian SNI ini telah melalui tahap pemungutan suara pada tanggal 24 Juni 2009 sampai dengan 24 September 2009, dengan hasil akhir disetujui menjadi SNI.



Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak – Bagian 14: Penentuan kecepatan linier

1 Ruang lingkup

Standar ini digunakan untuk menentukan kecepatan linier gas buang dari sumber tidak bergerak yang memenuhi aturan penentuan lokasi pengambilan contoh uji. Selanjutnya dengan kecepatan linier gas buang ini dapat dihitung kecepatan volumetrik gas buang.

Lingkup penerapan meliputi:

- a) Cara pengukuran tekanan dinamik dari aliran gas buang dari sumber tidak bergerak.
- b) Cara pengukuran tekanan statik dari aliran gas buang dari sumber tidak bergerak.
- c) Cara penentuan kecepatan linier gas buang dari sumber tidak bergerak.
- d) Cara perhitungan kecepatan volumetrik gas buang dari sumber tidak bergerak.

2 Acuan normatif

SNI 7117.13:2009, *Emisi gas buang – Sumber tidak bergerak – Bagian 13: Penentuan lokasi dan titik-titik lintas untuk pengambilan contoh uji partikulat dan kecepatan linier.*

3 Istilah dan definisi

3.1

emisi (gas buang)

zat, energi, dan atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk atau dimasukkan ke udara ambien

3.2

kecepatan linier gas buang

kecepatan linier gas buang dalam cerobong ditentukan dari berat jenis gas buang dan dari pengukuran tekanan gas di dalam cerobong menggunakan tabung pitot

3.3

kecepatan volumetrik

hasil perhitungan volume udara yang mengalir berdasarkan kecepatan udara dan luasan cerobong

3.4

manometer inklinasi

manometer cairan dengan sudut kemiringan tertentu

3.5

tekanan dinamik

tekanan yang disebabkan oleh kecepatan fluida yang mengalir

3.6

tekanan statik

tekanan yang disebabkan oleh fluida pada kondisi diam atau bergerak yang bekerja tegak lurus (90°) terhadap arah aliran fluida

3.7

tabung pitot

tabung pipa yang digunakan untuk mengukur tekanan fluida

4 Cara uji

4.1 Prinsip

Penentuan kecepatan linier gas buang dihitung dari hasil pengukuran tekanan dinamik, tekanan statik, tekanan udara luar, serta temperatur, komposisi dan kadar uap air didalam gas buang.

4.2 Bahan

Cairan manometer

4.3 Peralatan

- a) tabung pitot tipe-S;
- b) manometer inklinasi;
- c) selang manometer;
- d) termokopel yang dilengkapi alat pembaca temperatur; dan
- e) barometer.

4.4 Pengukuran

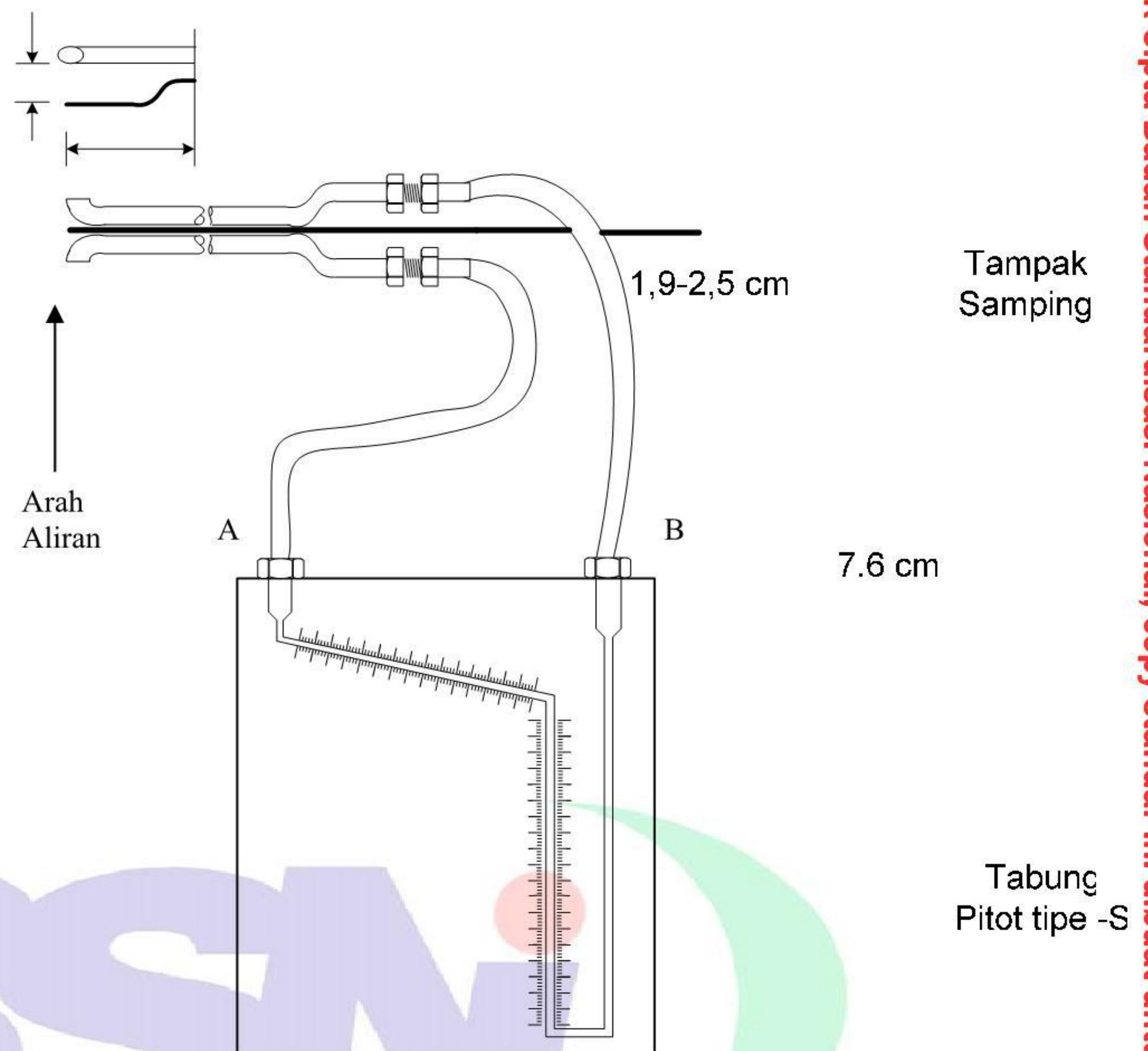
- a) rakit peralatan, seperti Gambar 1;
- b) periksa rakitan peralatan untuk memastikan tidak ada kebocoran;
- c) atur manometer inklinasi supaya posisinya datar dengan bantuan *water pass*;
- d) atur cairan manometer pada posisi nol;
- e) masukkan tabung pitot kedalam lubang pengambilan contoh uji dan ukur secara bersamaan tekanan dinamik dan temperatur gas pada setiap titik-titik lintas yang telah ditentukan dan catat hasil pengukuran dalam lembaran data.

CATATAN Penentuan titik-titik lintas sesuai dengan SNI 7117.13: 2009.

- f) tentukan tekanan statik P_g gas buang;
 - 1) masukkan tabung pitot ditengah cerobong;
 - 2) putar tabung pitot pada posisi 90° searah jarum jam hingga pembacaan manometer mendekati nol;
 - 3) tahan posisi tabung pitot, lepas selang A pada manometer (lihat Gambar 1) dan baca perubahan cairan manometer dan catat tekanan statik sebagai nilai negatif. Jika cairan manometer melewati titik nol (tanpa skala diatas nol), pasang kembali selang A kemudian lepas selang B pada manometer dan baca perubahan cairan dan catat tekanan statik sebagai nilai positif.
- g) ukur dan catat tekanan atmosfer (P_{bar});
- h) catat berat molekul gas buang.

CATATAN Berat molekul gas buang ditentukan dengan standar berat molekul kering dalam gas buang dari sumber tidak bergerak.

- i) Hitung kecepatan linier gas buang pada titik-titik lintasnya.
- j) Hitung kecepatan linier rata-rata gas buang.
- k) Hitung kecepatan volumetrik gas buang.



Gambar 1 - Tabung pitot tipe-S dan manometer

4.5 Perhitungan

Dari data pengukuran beda tekanan statik dan dinamik, maka proses berikutnya adalah dengan melakukan beberapa perhitungan sebagai berikut:

- A adalah luas penampang cerobong (m^2);
 B_{ws} adalah perbandingan volume kandungan uap air di dalam aliran;
 C_p adalah koefisien tabung pitot tipe-S;
 K_p adalah konstanta tabung pitot, (metrik):

$$K_p = 34,97 \, m/dt \left[\frac{(g / g - mole)(mmHg)}{(^{\circ}K)(mmH_2O)} \right]^{1/2} \quad (1)$$

- M_d adalah berat molekul gas di cerobong basis kering (g/g-mole);
 M_s adalah berat molekul gas di cerobong basis basah (g/g-mole);

$$M_s = M_d(1 - B_{ws}) + 18 B_{ws} \quad (2)$$

- P_{bar} adalah tekanan barometer dilokasi pengukuran (mm Hg);
 P_g adalah tekanan statik gas pada cerobong (mm Hg atau mm $H_2O/13,6$);
 P_s adalah tekanan absolut gas pada cerobong (mm Hg).

$$P_s = P_{\text{bar}} + P_g \quad (3)$$

- P_{std} adalah tekanan absolut standar (760 mm Hg);
 Q_{std} adalah kecepatan volumetrik dari gas kering pada cerobong yang dikoreksi ke dalam kondisi standar (dscm/jam);
 t_s adalah temperatur cerobong ($^{\circ}\text{C}$);
 T_s adalah temperatur absolut cerobong ($273+t_s$) ($^{\circ}\text{K}$);
 $T_{s \text{ rerata}}$ adalah temperatur absolut cerobong rata-rata ($^{\circ}\text{K}$);
 T_{std} adalah temperatur absolut standar (298°K);
 v_s adalah kecepatan linier rata-rata gas pada cerobong (m/dt);
 Δp adalah perbedaan tekanan dari kecepatan gas pada cerobong (mm H_2O);
 Δp_{rerata} adalah perbedaan tekanan rata-rata (mm H_2O);
18 adalah berat molekul air.

Kecepatan linier rata-rata gas pada cerobong:

$$v_s = K_p C_p (\sqrt{(\Delta p)_{\text{rerata}}}) \sqrt{\frac{T_{s(\text{rerata})}}{P_s M_s}} \quad (4)$$

Kecepatan volumetrik gas kering pada cerobong:

$$Q_{sd} = 3600(1 - B_{ws}) v_s A \frac{T_{std} P_s}{T_{s(\text{avg})} P_{std}} \quad (5)$$

5 Pengendalian mutu

- Lakukan tes kebocoran pada manometer.
- Lakukan kalibrasi tabung pitot tipe S dengan tabung pitot standar menggunakan lorong angin secara berkala untuk mendapatkan nilai C_p (koefisien tabung pitot tipe-S). Lihat pada Lampiran B.

Lampiran A
(informatif)
Contoh lembar pencatatan

Plant :
 Lokasi cerobong :
 Tekanan udara ambien :
 Temperatur ambien :
 Tekanan statik :
 Operator :

Tabel A.1 - Lembar data pencatatan

Titik Lintas	Tekanan dinamik (mm H ₂ O)	Temperatur cerobong (°C)
<i>Port # 1</i>		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
Rata-rata		
<i>Port # 2</i>		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
Rata-rata		
Total		

Lampiran B
(informatif)
Kalibrasi tabung Pitot

Tabung pitot tipe-S harus dikalibrasi terhadap tabung pitot standar. Kalibrasi dilakukan menggunakan lorong angin (*wind tunnel*), dimana pembacaan Δp menggunakan tabung pitot standar dan tabung pitot tipe-S dicatat dan dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai C_p tabung pitot tipe-S.

Langkah pertama atur manometer inklinasi supaya posisinya datar dengan bantuan *water pass* dan atur cairan manometer pada posisi nol, kemudian tabung pitot standar dipasang sehingga ujungnya menghadap ke arah aliran dan diisolasi sedemikian rupa sehingga tidak terjadi kebocoran. Beda tekanan diukur pada tabung pitot. Posisi diganti dengan memakai tabung pitot tipe S dengan ujung A mengarah ke aliran dan ukur beda tekanan. Pekerjaan di atas diulangi untuk ujung B sehingga diperoleh 3 pasang data perbedaan tekanan seperti ditunjukkan pada tabel isian dibawah ini.

Nomer Identifikasi Tabung Pitot :
Tanggal Kalibrasi :
Petugas Kalibrasi :

Kalibrasi Sisi A

Tabel B.1 - Lembar data kalibrasi tabung Pitot

No. Test	Cp Standar (mm H ₂ O)	Cp Tipe S (mm H ₂ O)	CP(s)	Deviasi Cp(s)-Cp(A)
1.				
2.				
3.				
		Cp(A)		

Kalibrasi Sisi B

Tabel B.2 - Lembar data kalibrasi tabung Pitot

No. Test	Cp Standar (mm H ₂ O)	Cp Tipe S (mm H ₂ O)	CP(s)	Deviasi Cp(s)-Cp(B)
1.				
2.				
3.				
		Cp(B)		

Dari data di atas maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Deviasi rata-rata} = C_p(A \text{ atau } B) = \frac{\sum_{i=1}^3 |Cp(s) - \bar{Cp}(A \text{ atau } B)|}{3} \leftarrow \text{harus} < 0,01$$

$$|\bar{Cp}(A) - \bar{Cp}(B)| \leftarrow \text{harus} < 0,01$$

Perhitungan kalibrasi pitot tube

Hitung C_p dengan persamaan:

$$C_p(s) = C_p(\text{std}) \sqrt{\frac{\Delta P_{\text{std}}}{\Delta P_s}} \quad (6)$$

Keterangan:

$C_p(s)$ adalah koefisien tabung

$C_p(\text{std})$ adalah koefisien tabung pitot standar

ΔP_{std} adalah *Head* kecepatan diukur dengan tabung pitot standar (cm H_2O)

ΔP_s adalah *Head* kecepatan diukur dengan tabung pitot tipe S (cm H_2O)

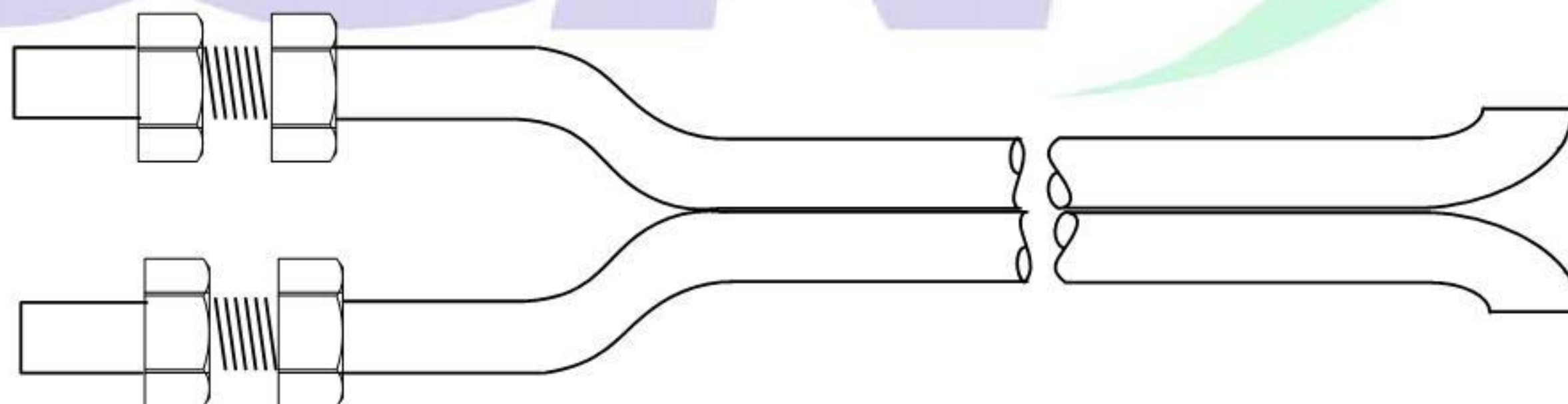
Kemudian dihitung harga rata-rata dari C_p untuk masing-masing titik A dan B, dan dihitung penyimpangan data dengan persamaan:

$$\text{Deviasi} = C_p(s) - \bar{C}_p \quad (7)$$

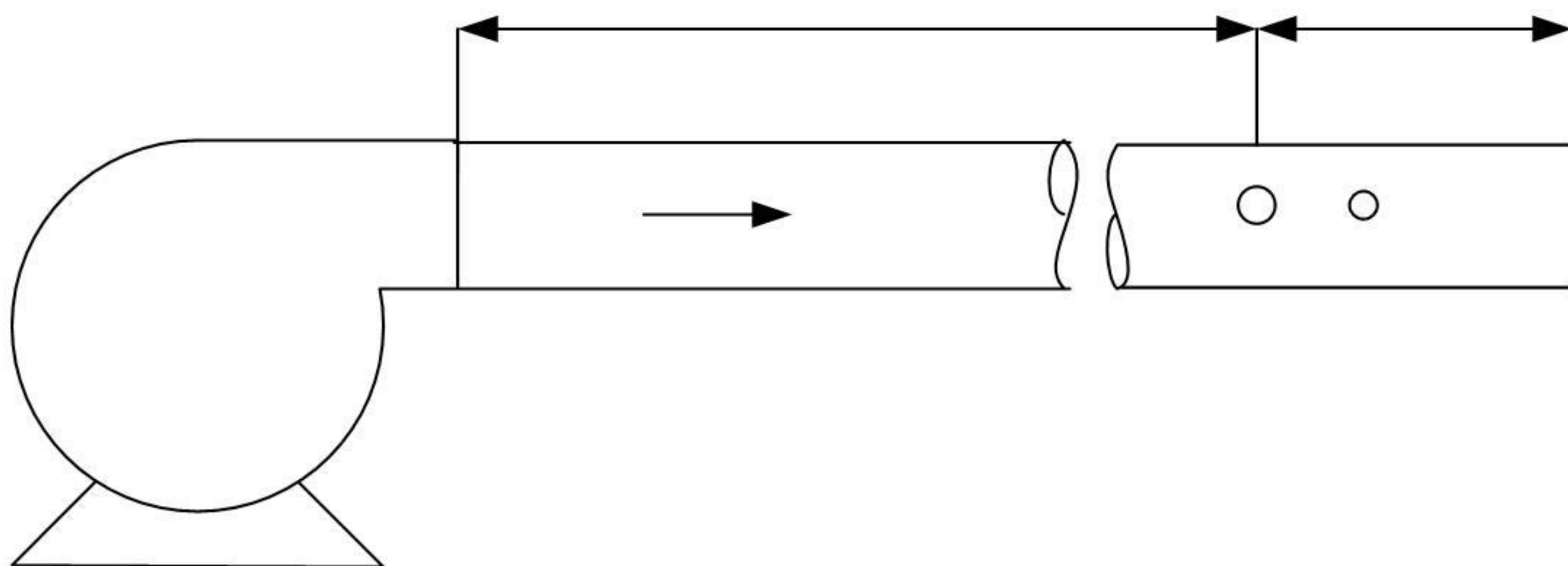
Tahap berikutnya diperlukan perhitungan pada rata-rata deviasi dari *mean* untuk sisi A dan B dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Deviasi rata-rata} = \Delta (A \text{ atau } B) = \frac{\sum_1^3 |C_p(s) - \bar{C}_p(A \text{ atau } B)|}{3} \quad (8)$$

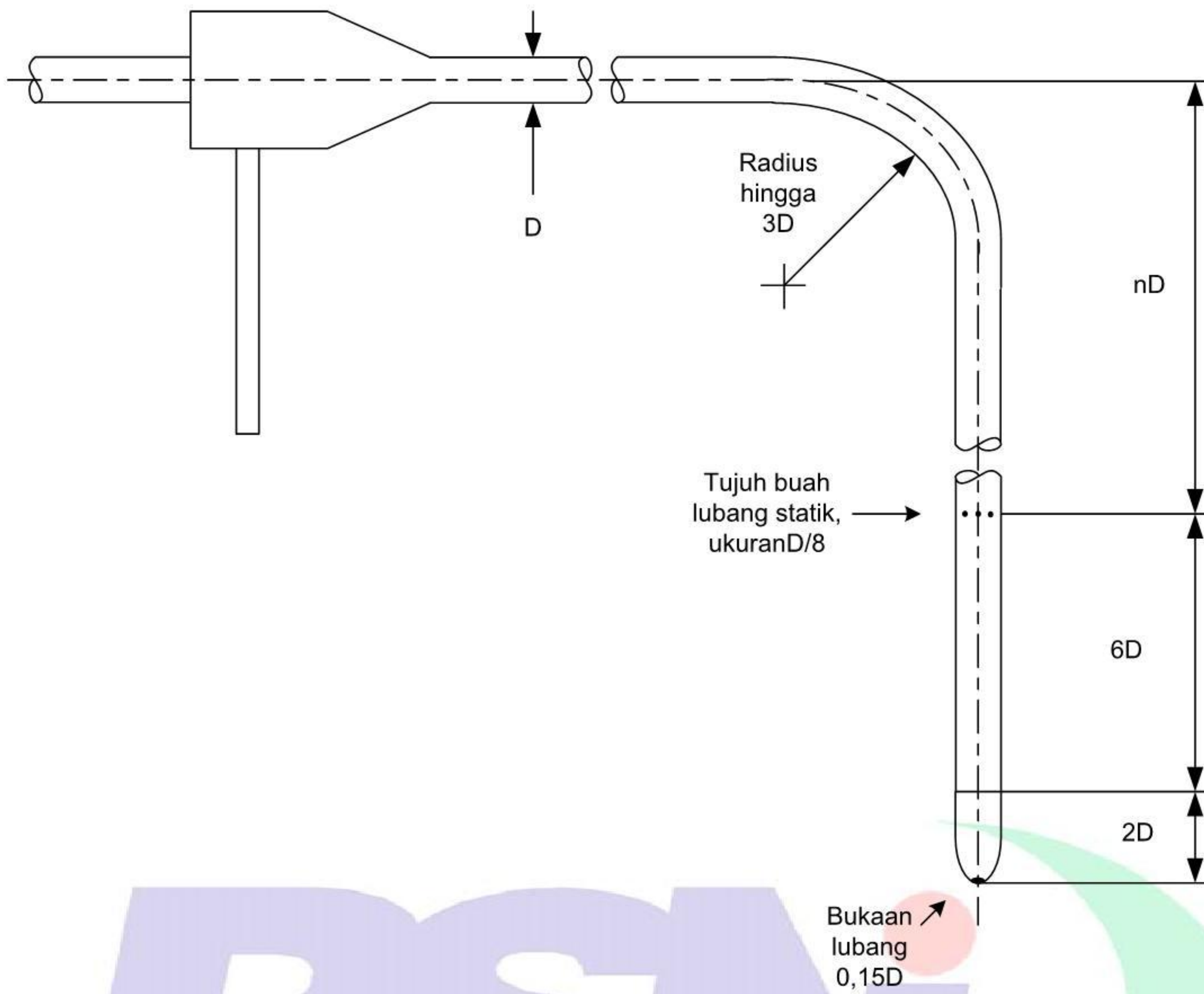
Persyaratan utama dalam penggunaan tabung pitot tipe S adalah apabila harga Δ untuk sisi A dan sisi B adalah kurang dari atau sama dengan 0,01 dan harga absolut dari perbedaan C_p rata-rata dari sisi A dan B adalah kurang dari 0,01.



Gambar B.1 - Tabung pitot tipe-S



Gambar B.2 - Sistem kalibrasi tabung pitot tipe-S



Gambar B.3 - Tabung pitot standar

Bibliografi

KEP-205/BAPEDAL/07/1996 tentang *Pedoman Teknis Pengendalian Pencemaran Udara Sumber Tidak Bergerak*, BAPEDAL

US-EPA Method 2, Appendix A, 40 CFR 60, 1996, Determination of stack gas velocity and volumetric flow rate (type-S pitot tube).

ASTM Standard tentang Practice for Calibration of Type-S Pitot Tube, ASTM, Vol.11-03, 1986.

ASTM Standard tentang Standard Definition of Term Relating to Atmospheric Sampling & Analysis, ASTM, Vol.11-03, 1986.









BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3-4
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270
Telp: 021- 574 7043; Faks: 021- 5747045; e-mail : bsn@bsn.go.id